

Henri Poutiainen

RIVITALOKOHTEN SÄHKÖSUUNNITTELU

RIVITALOKOHTEN SÄHKÖSUUNNITTELU

Henri Viljam Poutiainen
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma, Sähkövoimatekniikka

Tekijä: Henri Viljam Poutiainen
Opinnäytetyön nimi: Rivitalokohteen sähkösuunnittelu
Työn ohjaaja: Heikki Kurki
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018
Sivumäärä: 50 + 13 liitettä

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Oulun seudulle rakennettavan 17 asuinhuoneiston rivitalotontin sähkösuunnitelman etenemistä alusta loppuun. Työssä pohdittiin myös mitä sähköajoneuvojen lataustarpeisiin varautuminen tarkoittaa samankokoisessa asuinrakennushankkeessa. Lopputuloksista ilmeni, että sähköajoneuvovaraus kasvattaisi huomattavasti liittymäkokoa sekä lisäisi laitteistovaatimuksia kohteeseen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on esittää rivitalokohteisiin keskittyvä sähkösuunnitelma käytännönläheisesti ja johdonmukaisesti. Myös tarkasteluun on otettu sähköajoneuvot ja niiden haasteet sekä varaukset sähkösuunnittelussa. Opinnäytetyö käsittelee ainoastaan sähkösuunnittelua sekä siinä huomioon otettavia seikkoja.

Sähkösuunnitteluun on käytetty CADS Planner Electric - sähkösuunnitteluohjelmistoa sekä toimeksiantajan käyttämiä laskentaohjelmia oikosulkuvirran ja antenniverkon vaimennuksen laskemista varten. Suunnittelu on toteutettu standardin SFS 6000 uusimpien vaatimuksien mukaisesti sekä tukena on käytetty ST-kortistosta löytyviä esimerkkejä ja ohjeita.

Sähkösuunnitelmat saatiin hyvissä ajoin valmiiksi sovitun mukaisesti. Valmiit dokumentit suunnitelmasta ovat luottamuksellisia liitteitä, joten niitä ei ole julkaistu tämän työn mukana.

Asiasanat: sähkösuunnittelu, rivitalo, sähkötekniikka, talotekniikka

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Electrical Engineering Curriculum, Electrical Power Engineering

Author: Henri Viljam Poutiainen
Title of thesis: Electrical Planning and Electrification of Terraced Houses
Supervisor: Heikki Kurki
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018
Pages: 50 + 13 appendices

The purpose of this thesis is to produce electrical plans for client's professional use and make a clear report of it. The thesis adds also perspective for electric vehicle charging station requirements and what an electrical designer should to take notice of concerning it.

Electrical plans were made via CADS Planner Electric -electrical design software. Other calculations and documentations were made with Microsoft Word and Excel software. Electrical plans are in professional use and they will be used in real project. Electrical plans follow Finnish SFS 6000 low voltage standards and they are mostly based on SFS 6000 standards and Sähköinfo.fi ST-examples.

Keywords: Planning, Row houses, Construction, Electrotechnology

SISÄLLYS

SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 PROJEKTIN ESITTELY JA PROJEKTIMALLI	9
3 LÄHTÖTILANTEEN SELVITYS	10
3.1 Sähköliittymän huipputeho	10
3.2 Liittymisjohdon ja pääsulakekoon valinta	11
4 ASEMASUUNNITTELU	13
4.1 Aluekaapelointi	13
4.2 Asuinhuoneistojen nousukaapelit	14
4.3 Kiinteistökäytön kaapelointi	14
4.4 Kaapelipituuksien huomioon ottaminen	14
5 MAADOITUSELEKTRODI	16
5.1 Maadoituselektrodin rakenne	16
5.2 Maadoituselektrodin valinta ja asennus kohteeseen	16
6 TELEJÄRJESTELMÄ	18
6.1 Antennijärjestelmä	18
6.2 Antenniverkon vaimennus	18
6.3 Yleiskaapelointijärjestelmä	19
6.3.1 Kaapelointi	20
6.3.2 Suorituskykyluokka	20
6.3.3 ATK-jakamo	21
6.3.4 Kotijakamo	22
7 TASOPIIRUSTUKSET	24
7.1 Sähköpisteiden sijoittelu ja johdotus	25
7.1.1 Eteinen	25
7.1.2 Olohuone ja keittiö	27
7.1.3 Kylpyhuone ja sauna	28
7.1.4 Sähkötila ja lämmönjakohuone	30
7.2 Ryhmien suunnittelu	33
7.3 Johdotus	34
8 OIKOSULKULASKELMAT	36
9 KAAVIOT	40
9.1 Nousujohtokaavio	40

9.2 Telejärjestelmäkaavio	40
9.3 Keskuksien suunnittelu	41
9.3.1 Sähköpääkeskus	42
9.3.2 Mittauskeskus	42
9.3.3 Ryhmäkeskus	43
9.4 Sähköseloste	43
9.5 Palovaroittimet	43
10 SÄHKÖAJONEUVOJEN TEHOTARPEISIIN VARAUTUMINEN	45
10.1 Latausjärjestelmän tehotarve	45
10.2 Latauspisteiden toteutus, sijoittelu ja järjestelmätarpeet	47
10.3 Latauspisteiden johdottaminen	48
11 YHTEENVETO	50
LÄHTEET	50
LIITTEET	53
Liite 1 Aluekaapelointi.pdf	
Liite 2 Päämaadoituskaavio.pdf	
Liite 3 Telejärjestelmäkaavio.pdf	
Liite 4 Talo A.pdf	
Liite 5 Talo B.pdf	
Liite 6 Talo C.pdf	
Liite 7 Talo D.pdf	
Liite 8 Valaisinluettelo.pdf	
Liite 9 RK-asunnot.pdf	
Liite 10 Nousujohtokaavio.pdf	
Liite 11 Pääkaavio SPK.pdf	
Liite 12 Piirikaavio SPK.pdf	
Liite 13 Pääkaavio SPK.pdf	

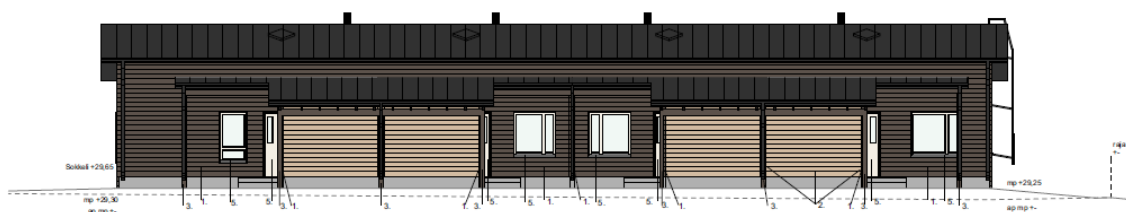
1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Nuotek Oy. Nuotek Oy tarjoaa valtakunnallisesti monipuolisia koko talotekniikan LVISA suunnittelu- ja urakointipalveluita. Yrityksellä on toimipisteitä Espoossa, Tampereella, Jyväskylässä, Kuopiossa, Oulussa ja Pyhäjoella. Sähkösuunnitelmien tilaajana eli asiakkaana toimi Rakennusliike Lapti Oy, joka käyttää suunnitelmia omaan rakennuskohteeseen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on esittää rivitalokohteisiin keskittyvä sähkösuunnitelma käytännönläheisesti ja johdonmukaisesti. Työssä on myös pureuduttu sähköajoneuvojen tuomiin haasteisiin ja varauksiin sähkösuunnittelussa. Opinnäytetyö tulee käsittelemään ainoastaan sähkösuunnittelua sekä siinä huomioon otettavia seikkoja.

Suunnittelun kohteena on Oulun seudulle rakennettava neljän eri rakennuksen ja yhteensä 17 asuinhuoneistoa käsittävä rivitalo. Asuntojen koko vaihtelee 47 m²:n ja 80,5 m²:n välillä. Kiinteistön yhteenlaskettu kerrosala on 1124 m² ja lämmitysmuotona toimii kaukolämpö. Kohteeseen suunniteltiin 35 autolämmityspaikkaa.

Kuhunkin asuntoon sisältyy eteinen, olohuone, keittiö, makuu- ja vaatehuone, kylpyhuone, sauna, etu- ja takapiha, varasto sekä autokatos. Kiinteistöön kuuluu myös yhteiset varastotilat, jätekatos sekä tekniset tilat. Kuvassa 1 esitetään luonnos rivitalon ulkoasusta.



KUVA 1. Luonnoskuva yhdestä kohteen rivitalosta.

2 PROJEKTIN ESITTELY JA PROJEKTIMALLI

Projekti aloitettiin luomalla projektikansio. Projektit luokitellaan hankekohtaisesti käyttäen samaa kansiorakennetta tiedon löydettävyyden helpottamiseksi (kuva 2).



KUVA 2. Mallikansiorakenne.

Projektin tiedostot jaettiin näihin kansioihin. Arkkitehtikansioon tuodaan arkkitehdin suunnittelemat PDF-kuvat sekä niiden revisiot ja kommentit. Näin voidaan suoraan seurata asuinrakennushankkeen kulkua jo arkkitehdin suunnittelusta asti. Sähkösuunnittelijan on yleensä kommentoitava arkkitehdin luonnoksia ennen sähkösuunnittelun alkua, jotta hanke olisi mahdollista ja järkevää toteuttaa myös sähköistyksen osalta.

Määrälaskentaan tuodaan laskennan tulokset ja tiedostot. Tässä työssä ei kuitenkaan tehty laskentaa.

Suunnittelukansioon tuodaan arkkitehdin viimeisimmät tai lopulliset DWG-kuvat ja niitä käytetään sähkösuunnittelun pohjana eli viitekuvina. Suunnittelukansioon tallennetaan myös sähkösuunnittelun DWG-kuvat sekä muita suunnittelun aikaisia tukitiedostoja. Viimeiseen PDF-kansioon tuodaan lopulliset sähkösuunnittelun loppukuvat.

Projektiä säilytettiin omalla tietokoneella, josta se varmuuskopioitiin aina päivän päätteeksi yhteiselle verkkoasemalle. Verkkoasema myös mahdollisti yrityksen sisäisen tarkastelun ja latauksen eri suunnitelmien välillä.

Loppukuvat ladattiin asiakkaan omaan dokumentinhallintapalveluun, josta niitä jaetaan keskitetysti suunnitelmia tarvitseville henkilöille.

3 LÄHTÖTILANTEEN SELVITYS

Ennen suunnittelun alkua selvitettiin kohteen lähtötilanne. Seuraavat asiat tulee ottaa huomioon aina ennen sähkösuunnittelun aloitusta asuinrakennushankkeessa:

- sähkölaitoksen liittymispiste ja sen oikosulkuvirta
- teleoperaattorin liittymispiste
- tontille vedettävien kaapelien pituus
- sähkötekniisten järjestelmien ja laitteiden tilatarpeet.

3.1 Sähköliittymän huipputeho

Rivitalojen sekä muidenkin asuinrakennuksien sähkösuunnittelu kannattaa usein aloittaa kiinteistön sähköliittymän mitoittamisella. Sähköliittymän mitoittaminen on yksi sähkösuunnittelun tärkeimmistä vaiheista. Liian pieni liittymä rajoittaa kiinteistön käyttöä ja ylimitoitettuna rakentamisen ja käytön kulut kasvavat. Kuitenkin tulevaisuuden kannalta kannattaa usein ottaa huomioon sähkön käytön kasvu. (1, s. 1.)

Työssä sähköliittymän huipputehon mitoitus laskettiin ST-kortin 13.31 esittämillä laskentatavoilla. Laskentatavat soveltuvat yli 15 asunnon mutta alle 2500 m² kerrosalan omaaviin rivitaloihin, joissa on huoneistokohtaiset sähkökiukaat sekä autolämmitykset. Koska kohteen lämmitysmuoto on kaukolämpö, ei sähköliittymän mitoituksessa tarvitse ottaa huomioon lisäkuormaa kiinteistön lämmityksestä. ST-kortin 13.31 laskentatavoilla saatiin mitoitettua koko kiinteistön huipputeho luotettavasti. Kaavat perustuvat kokemuksen myötä kehitettyihin laskentamalleihin asuinrakennuksien huipputehon määrittämiseksi. (1, s. 4.)

Huipputeho ja liittymisvirta määritettiin yrityksen omalla Excel-ohjelmalla, johon on sisällytetty tarvittavat sähkötekniiset mitoitusyhtälöt. Ohjelma laski suoraan aiemmin esitettyjen kaavojen mukaisesti huipputehon kiinteistölle.

Huipputeho = 87,3 kW

Liittymisvirta = 131,4 A

3.2 Liittymisjohdon ja pääsulakekoon valinta

Huipputehon määrittämisen jälkeen voitiin mitoittaa sähköliittymän koko. Sähköliittymän koolla tarkoitetaan kiinteistön sähköpääkeskuksen päävarokkeiden kokoa. Tähän käytettiin jo aiemmin laskettua liittymisvirtaa.

Ennen päävarokekoon valintaa kannattaa varmistaa paikallisen sähköjakelijan tarjoamat liittymiskaapelit ja niitä vastaavat pääsulakekoot. Nämä voivat vaihdella alueellisesti ja jossain tapauksissa joudutaan ottamaan isomman kokoluokan liittymiskaapeli ja pääsulakekoko kuin kiinteistö oikeasti tarvitsee.

Tässä tapauksessa sähköjakelija on Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy, joka ilmoittaa kuvan 3 mukaiset liittymiskaapelit ja niitä vastaavat pääsulakoot (2).

LIITTYMISJOHDOT JA NIITÄ VASTAAVAT PÄÄSULAKEKOOT

Kaapelit

AXMK- liittymiskaapeleiden mitoitusperusteena käytetään talojohtoasennuksissa laskennallista max. + 80 °C pintalämpötilaa (asennustapa B).

AXMK 4 x 25 S	3 x 25 A 3 x 35 A 3 x 63 A
AXMK 4 x 95 S	3 x 100 A 3 x 160 A
AXMK 4 x 185 S	3 x 200 A 3 x 250 A
AXMK 2 x (4 x 185 S)	3 x 315 A 3 x 400 A 3 x 500 A
AXMK 2 x (4 x 300 S)	3 x 630 A

Ilmajohdot

AMKA 3 x 35 + 50	3 x 25 A - 3 x 100 A
AMKA 3 x 70 + 95	3 x 160 A
AMKA 3 x 120 + 95	3 x 200 A

KUVA 3. Oulun Energia: Liittymisjohdot ja niitä vastaavat pääsulakoot (2).

Sähköliittymä päätettiin mitoittaa laskemalla saatuja tuloksia isommaksi, jotta voidaan varautua sähköliittymän kuormituksen lisääntymiseen.

Näiden perusteella valittiin

- liittymisjohto = 4 x 185 S
- päävarokkeet = 3 x 250 A

4 ASEMASUUNNITTELU

Rakennusalueen aluekaapelointipiirustuksessa esitetään seuraavat asiat:

- järjestelmäkojeiden, laitteiden ja komponenttien sijoitus rakennusalueella
- järjestelmäkojeiden positiot, joiden perusteella ne määritellään tarkemmin esimerkiksi luetteloissa
- talojakamon ja muiden jakamoiden sijainti
- talokaapeleiden reititys tontin rajalta talojakamoon
- aluekaapeleiden ja kaapelinsuojaputkitusten reititys
- kaapelinvetokaivojen paikat (3, s. 7.)

Kohteeseen tehty asemasuunnittelu eli ns. aluekaapelointikuva on liitteessä 1.

4.1 Aluekaapelointi

Aluekaapeloinnilla voidaan tarkoittaa myös maakaapelointia tai asemakaapelointia. Aluekaapelointikuvaan piirrettiin kaikki tontin maan alla kulkevat kaapelit. Samaan kuvaan tehtiin myös pihavalaistuksen suunnittelu sekä autolämmityspaikkojen suunnittelu. Myös ryhmäkeskukset sijoitettiin jokaiseen huoneistoon asuinhuoneistojen nousukaapelointia ja maadoitusta varten.

Maakaapelit asennetaan n. 0,5–1 metrin syvyyteen. Upotuksessa tulee ottaa huomioon, ettei liian monta kaapelia asenneta nippuun. Kaapelien asentaminen nippuun alentaa johtimien kuormitettavuutta. Tällöin kuormitettavuus määritetään korjauskertoimien avulla. Maakaapeleilla ei ole erikseen annettuja suojaetäisyyksiä muihin rakenteisiin. Lähinnä asuinrakennushankkeissa kannattaa sijoittaa rakennuksien alle menevien maakaapeleiden menokohdat, ns. putken päät viheralueille. Kulkuväylien alle vedettävät kaapelit on asennettava erilliseen suojaputkeen. (4, s. 2.)

Tässä vaiheessa pystyttiin kaapelointi jakamaan kolmeen tyyppiin:

- asuinhuoneistojen nousukaapelointi
- kiinteistökäytön kaapelointi
- perustusmaadoitus.

4.2 Asuinhuoneistojen nousukaapelit

Asuinhuoneistojen kaapelointi käsitti jokaisen asuinhuoneiston nousukaapeloinnin sähkötilasta ryhmäkeskukselle.

Pienjännitesyötön nousukaapeli mitoitettiin ryhmäkeskuksen syöttävän sulakekoon mukaan, joka oli 25 A. Tämä on hyvin yleinen pääsulakekoko asuinhuoneistoissa. Tämän johdosta pienjännitesyötön nousujohdoksi valittiin MCMK 4 x 6 + 6 voimakaapeli.

Telejärjestelmän nousukaapeleiksi valittiin

- TELLU 7 koaksiaalikaapeli
- FYO2PMU 4XSML valokaapeli
- Supercat Cat6 UTP 4P parikaapeli

4.3 Kiinteistökäytön kaapelointi

Kiinteistökäytöllä tarkoitetaan taloyhtiön käyttöön tulevia kaapeleita. Tässä työssä kiinteistökäytön kaapelointiin lukeutuivat teknisten tilojen, varaston ja jätekatoksen kaapelointi. Näistä ainoastaan pihavalaimien kaapelointi asennettiin maahan, koska muut tilat olivat samassa rakennuksessa sähkötilan kanssa. Kiinteistökäytön sähkönkulutusta voidaan vaatia myös mitattavaksi.

4.4 Kaapelipituuksien huomioon ottaminen

Piirrettäessä aluekaapelointireittejä pitää ottaa huomioon kasvavat johtopituudet. Käytännössä kaapelijärjestelmien tekniset ominaisuudet heikkenevät pituuksien kasvaessa ja voivat vaatia erillisiä jakokeskuksia tai jakamoita kaapelireittien välille. Keskukset ja jakamot tulisi sijoittaa sähkötekniisesti mahdollisimman keskeiselle paikalle kiinteistöä. Ylimääräisten kulujen välttämiseksi on pituuksia tarkkailtava suunnittelun aikana ja kaapelireiteiksi on valittava mahdollisimman lyhyt ja suora reitti. (4, s. 2.)

Eri johtojärjestelmillä on eri vaatimuksia pituuksille, joita ovat mm.

- sähkövoimakaapeleiden oikosulkuvirta ja jännitteenalennus

- antenniverkon koaksiaalikaapelienvaimennus
- yleiskaapelointijärjestelmän suorituskykyluokka.

5 MAADOITUSELEKTRODI

Maadoituksen tehtävä on pienentää sähkönjakelujärjestelmän maasuluista ja syöttävän PEN-johtimen katkeamisesta aiheutuvia kosketusjännitteitä. Näiden vaatimusten toteutumiseksi maadoitusjärjestelmällä on oltava pieni maadoitusresistanssi ja hyvä potentiaalintasausvaikutus. Pienjänniteasennuksien turvallisuuden kannalta potentiaalintasausvaikutus on merkittävässä roolissa. Standardin SFS 6000-4-41 kohdan 411.4.2 mukaan jokaiseen sähköliittymään, jonka syötössä käytetään PEN-johdinta, on tehtävä maadoitusjärjestelmä, joka sisältää maadoituselektrodin. (5, s. 10.)

Maadoituselektrodin liitäntäpiste sijoitetaan usein pääkeskukseen ja mikäli pääkeskus sijaitsee rakennuksessa, lisätään pääkeskuksen viereen SFS 6000 5-54 kohdan 542.4.1 mukainen päämaadoituskisko. Päämaadoituskiskoon yhdistetään maadoituselektrodi ja potentiaalintasausjohtimet. Jos rakennuksissa on useita keskuksia, jotka ovat yhdistettyinä toisiinsa suojamaadoitusjohtimilla, riittää että potentiaalintasaus tehdään yhden keskuksen luona. Päämaadoituskisko on maadoituksen tähtipiste. (6, s. 9.)

5.1 Maadoituselektrodin rakenne

Maadoituselektrodi voi olla kuparia, terästä tai näiden kahden yhdistelmä. Suomen olosuhteissa suositellaan käytettäväksi kuparilankaa tai -köyttä, pystymaadoitustankoja tai perustuksiin upotettua terästä. Maadoituselektrodin minimipoikkipinnat on määritelty standardissa SFS 6000-5-54. Maadoituselektrodi voidaan upottaa johtavaan väliaineeseen kuten perustuksien betoniin. (6, s. 8.)

5.2 Maadoituselektrodin valinta ja asennus kohteeseen

Maadoituselektrodiksi valittiin edeltä mainittujen vaatimusten mukaisesti 16mm² poikkipinnaltaan oleva kupariköysi. Maadoituselektrodi suunniteltiin upotettavaksi perustusten alle. Maadoituselektrodi liitettiin päämaadoituskiskoon, johon yhdistettiin myös kaikkien keskusten maadoitus ketjutettuna.

Päämaadoituskiskoon liitettiin myös kaikki edeltä mainitut jännitteelle alttiina olevat rakennuksien osat.

Kiinteistön maadoitus dokumentoitiin määräysten mukaisesti. Kohteen päämaadoituskaavio on nähtävissä liitteenä 2.

6 TELEJÄRJESTELMÄ

Telejärjestelmän suunnitteluun yhdistettiin antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmän suunnitelmat, koska näiden järjestelmien arkkitehtuuri ja rakenne kulkevat usein käsi kädessä.

Tämän työn sähkösuunnitelmien telejärjestelmäkaavio on liitteessä 3.

6.1 Antennijärjestelmä

Antennijärjestelmän suunnitteluun sisältyivät koko kiinteistön antenniverkon suunnittelu paikallisen teleoperaattorin liittymään asti. Asuinrakennushankkeen antennijärjestelmä koostuu ATK-jakamon, ryhmäkeskuksen ja päätelaitteiden komponenteista sekä niiden välisestä antenniverkon koaksiaalikaapeloinnista. Kiinteistö liitettiin kaapelitelevisioverkkoon. Antenniverkko jakoi kaapelointireitit ja laitetilat hyvin pitkälti yleiskaapelointiverkon kanssa.

Kiinteistön antenniverkon rakenteena noudatettiin tyypillistä kaapelitelevisioverkkoon liitettävää keskikokoista yhteisantenniverkon rakennetta sekä arkkitehtuuria ST-kortin 621.10 esittämällä tavalla (7, s. 5). Sähkösuunnitelmissa esitettiin antennijärjestelmä Viestintäviraston määräyksen 65 M mukaisesti (3, s. 9).

6.2 Antenniverkon vaimennus

Antenniverkon vaimennus riippuu antenniverkon kaapelipituuksista sekä kaapeloinnin välissä olevien komponenttien vaimennustasosta. Antenniverkon komponenttien ja kaapeleiden valmistaja antaa vaimennustiedot tuotteistaan.

Antenniverkon kokonaisvaimennuksen määrittämiseen käytettiin Risto Mäkisen luomaa Excel-ohjelmistoa, joka on todettu toimivaksi ammattilaiskäytössä. Ohjelma määrittää antenniverkon peruskomponenttien ja kaapeleiden vaimennuksen ja laskee ne lopuksi yhteen. (8.)

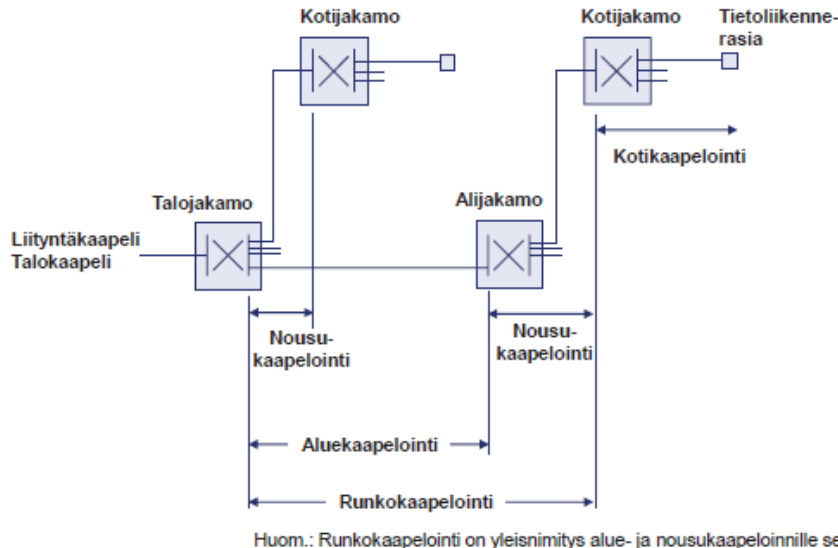
ATK-jakamon syöttämän antenniverkon kokonaisvaimennuksen hajonta tulisi olla alle 20 dB. Tämän toteutumisen jälkeen antenniverkon kokonaisvaimennus

skaalataan taajuusalueelle sopivaksi. Mikäli vaimennukset ovat liian suuria rakennusten välillä, voidaan verkkoon lisätä jaottimia vaimennuksen tasaamiseksi. Vahvistimessa riittää tehoa lopulliseen skaalaukseen. (8.)

6.3 Yleiskaapelointijärjestelmä

Yleiskaapelointijärjestelmällä tarkoitetaan optisella kaapeloinnilla ja parikaapeloinnilla toteutettua eri tietoliikennejärjestelmien käyttöön soveltuvaa verkkoa. Käytännössä tämä tarkoittaa koko kiinteistön yleiskaapelointijärjestelmän komponentteja kaapelointineen aina teleoperaattorin liityntäkaapelilta asukkaan kulutuspisteelle asti. Yleiskaapelointijärjestelmä suunniteltiin ja rakennettiin kuvan 4 mukaisesti. (9, s. 9.)

Yleiskaapelointijärjestelmän dokumentoinnissa noudatettiin ST-kortin 681.41 esittämiä vaatimuksia, jossa on otettu huomioon Viestintäviraston sisäverkkomääräys 65. (10, s. 9.)



KUVA 4. ST-kortin 681.11 esittämä yleiskaapelointijärjestelmän perusrakenne (9, s. 7)

Yleiskaapelointijärjestelmään kuuluivat:

- teleoperaattorin liityntäkaapeli

- ATK-jakamo (talojakamo)
- nousukaapelointi ATK-jakamolta kotijakamoon, joka sijaitsee ryhmäkeskuksessa
- kotikaapelointi ryhmäkeskukselta tietoliikennesialle

6.3.1 Kaapelointi

Tavallinen yleiskaapelointijärjestelmän kaapelointi koostuu aluekaapeloinnin eli nousukaapeloinnin kaapeleista. Jokaiseen asuinhuoneiston suunniteltiin vähintään kategorian 6 parikaapelointi ja kategorian OS2 optinen kuitukaapelointi.

Nousukaapeloinnin parikaapelointi toteutettiin kategorian 6 mukaisesti. Katteoria 6 edellyttää, että jokaiseen ryhmäkeskukseen viedään vähintään 4-parinen parikaapeli sekä kaapelin liittäminen, päättely ja välikomponentit täyttävät kategorian 6 -vaatimukset. (9, s. 8.)

Optinen aluekaapelointi toteutettiin luokan OS2 mukaisesti. OS2-luokka edellyttää, että jokaista ATK-jakamon syöttämää ryhmäkeskusta kohti asennetaan vähintään neljä OS2-kategorian yksimuotokuitua. Ryhmäkeskuksessa nousukaapeloinnin kuidut voidaan hitsata suoraan kotikaapeloinnin kuituihin. ATK-jakamoissa kuidut päätetään ja liitetään ristikytkentätelineen paneeleihin. (9, s. 8.)

6.3.2 Suorituskykyluokka

Yleiskaapeloinnilla on muiden kaapelointijärjestelmien tavoin vaatimuksia kaapeloinnin suorituskyvylle. Suorituskykyluokat voidaan jakaa E- ja D -luokkiin:

- luokka E, jos nousukaapelin pituus on alle 90 metriä
- luokka D, jos nousukaapelin pituus on yli 90 metriä (9, s. 8.)

Nousukaapelilla tarkoitetaan ATK-jakamon ja ryhmäkeskuksen välistä kaapelointia (9, s. 8).

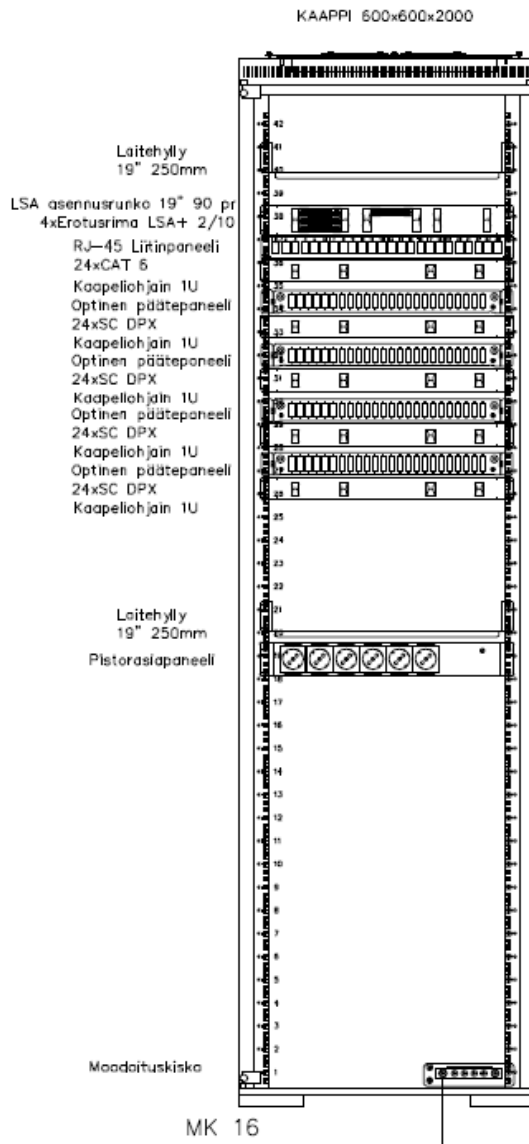
Hyvänä toimintatapana pidetään, että nousukaapeloinnin suorituskykyluokaksi valitaan aina luokka E. Usein tähän tarvitaan erillisiä alijakamoita, joissa

kaapeleita jatketaan, koska yli 90 metrin kaapelointivälit ylittyvät melko helposti. Myös asemasuunnitteluvaiheessa tähän kannattaa kiinnittää etukäteen huomiota. Esimerkiksi ATK-jakamo kannattaa sijoittaa mahdollisimman keskeiselle paikalle tonttia, jotta voidaan välttää erillisen alijakamon tarve. Kuitenkin yli 90 metrin (luokka D) suorituskyky hyväksytään, mutta siitä pitää keskustella erikseen asiakkaan kanssa.

6.3.3 ATK-jakamo

ATK-jakamolla voidaan tarkoittaa myös talojakamoa tai ristikytöntätelinettä. ATK-jakamo sijoitettiin kiinteistön sähkötilaan muiden keskuksien kanssa. Kuvassa 5 on tyypillisen ATK-jakamon rakenne.

ATK-jakamo on linkki paikallisen teleoperaattorin tuomalle teleliittymälle ja kiinteistön asunnoille. ATK-jakamo yhdistää yleisen viestintäverkon kiinteistön sisäverkkoon. ATK-jakamoon tuodaan teleoperaattorin liittymiskaapelit, joista kiinteistön televerkko jaetaan antenni- ja yleiskaapelointina asuntoihin tai muihin sitä tarvitseviin tiloihin nousukaapelointina. (9, s. 3.)



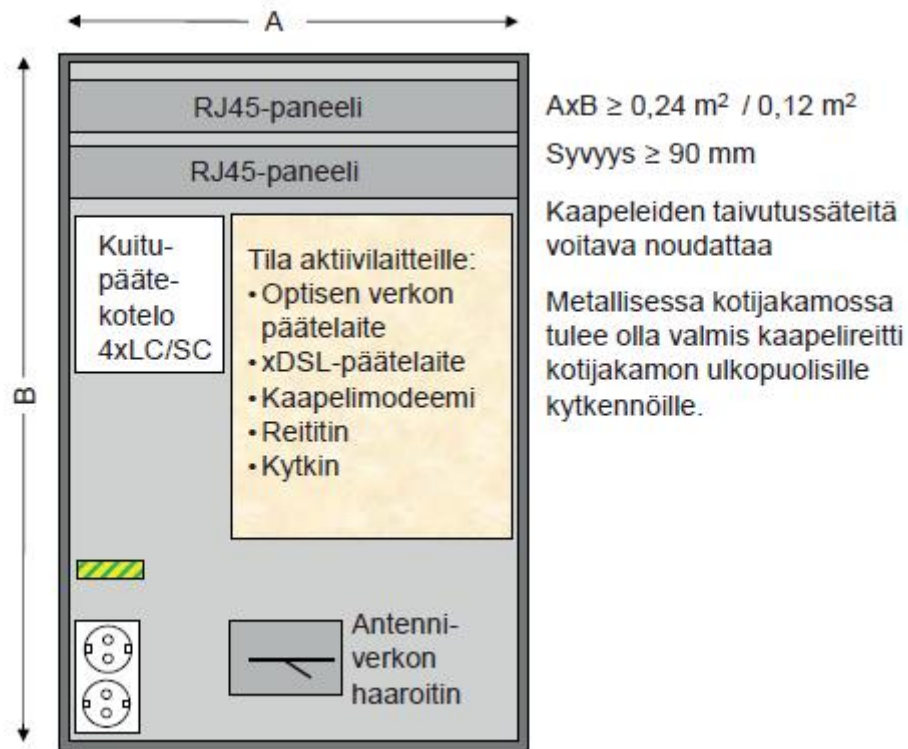
KUVA 5. Tyypillinen ATK-jakamon rakenne ja tilavaraus. (11)

6.3.4 Kotijakamo

Kotijakamolla tarkoitetaan usein ryhmäkeskukseen sijoitettavaa osaa, jossa nousukaapelointina tuodut antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmän kaapelit päätellään tai jatketaan kulutuspileteille. Kotijakamossa nousukaapelointi muuttuu kotikaapeloinniksi. (9, s. 3.)

Ryhmäkeskuksen vakiovarustukseen kuuluu nykypäivänä hyvin usein myös kotijakamolle varattu tila, joten urakoitsijalle ei jäisi muuta kuin haaroittimen

hankita ja kaapeloinnin päättely ja asennus. Kuvassa 6 on tyypillisen kotijakamon rakenne ja tilavaraus.



KUVA 6. Tyypillinen kotijakamon rakenne ja tilavaraus. (9, s. 17)

7 TASOPIIRUSTUKSET

Tässä luvussa on esitetty työn kohteen tasopiirustukset. Esimerkkinä on käytetty yhtä asuinhuoneistotyyppiä, koska sähköjärjestelmä on kaikissa huoneistoissa samantyyppinen. Asuinhuoneiston lisäksi esitellään teknisten tilojen, varaston, jätekatoksen ja ulkoalueiden tasopiirustukset.

Tasopiirustuksissa esitetään rakennuksen sisäpuoliset sähköpisteet ja niiden johdotukset mukaan lukien ulkoseinävalaistus, ulkopistorasiat tai muut vastaavat sähkölaitteet, jotka sijaitsevat rakennuksen välittömässä läheisyydessä. Näiden lisäksi tasokuvaan tulee tele- ja turvajärjestelmien laitteet ja johdotukset, mutta turvajärjestelmät suunnitellaan usein eri tiedostoon tai layouttiin. Tasokuvat ovat myös sähkösuunnittelijan työkalu käydä vuoropuhelua asiakkaan kanssa. (3, s. 6.)

Rakennusten taso- ja asennuspiirustuksissa esitetään seuraavat asiat:

- järjestelmäkojeiden laitteiden ja komponenttien sijoitukset ja asennustapa
- järjestelmäkojeiden positiot, joiden perusteella ne määritellään tarkemmin esimerkiksi luetteloissa
- johdotusten tarvitsemat hylly-, kisko, kouru- ja kanavareitit
- johdotukset ja niiden asennustapa.

(3, s. 7.)

Tasopiirustuksiin asiakas voi esittää toiveitaan tai muita huomioita, jotta lopputulos olisi toiveiden mukainen. Kuitenkin sähkösuunnittelijan vastuulla on pitää kiinni sähköturvallisuuden, käytännöllisyyden, toimivuuden ja taloudellisuuden toteutumisesta suunnitelmissa. Tasopiirustukset pitää piirtää mahdollisimman ymmärrettävään ja selkeään muotoon, jotta asennusvaihe sujuu ongelmitta eikä epäselvyyksiä tule.

Työn kohteen tasopiirustukset ovat liitteissä 4 – 7.

7.1 Sähköpisteiden sijoittelu ja johdotus

Tasopiirustuksien teko aloitettiin sähköpisteiden sijoittelulla. Sähköpisteiden varustetaso sovittiin ennen projektin aloitusta asiakkaan kanssa.

Tässä työssä asiakas halusi valita valaisimet itselleen sopiviksi. Sovitut valaisintyypit on esitetty teknisten tietojen kera valaisinluettelossa liitteessä 8. Sähköpisteiden sijoituksessa ja määrässä tärkeimpiä huomioon otettavia seikkoja olivat kulutuspisteiden riittävyys ja sähköturvallisuuden noudattaminen. Sähköpistesuunnitelmat on syytä tehdä arkkitehdin tekemiin kalustettuihin pohjapiirustuksiin.

Ennen pisteiden suunnittelua otettiin selvää kohteeseen asennettavista valaisimista ja muista laitteista. Näin voidaan jo pisteiden sijoitteluvaiheessa miettiä parhaita mahdollisia paikkoja myös sähköteknisestä näkökulmasta.

Pisteiden sijoittelun jälkeen kuvat lähetettiin asiakkaan vastuuhenkilölle tarkastettavaksi, joka tarkisti ja kommentoi niitä. Näin saatiin paras lopputulos sähköpisteille. Kun sähköpisteet on saatu lopullisille paikoille, ne johdotetaan. Tässä järjestyksessä vältetään ylimääräiseltä työltä, sillä pelkät symbolit on helppo siirtää ennen kuin niitä on johdotettu tai kopioitu muihin vastaaviin asuntoihin.

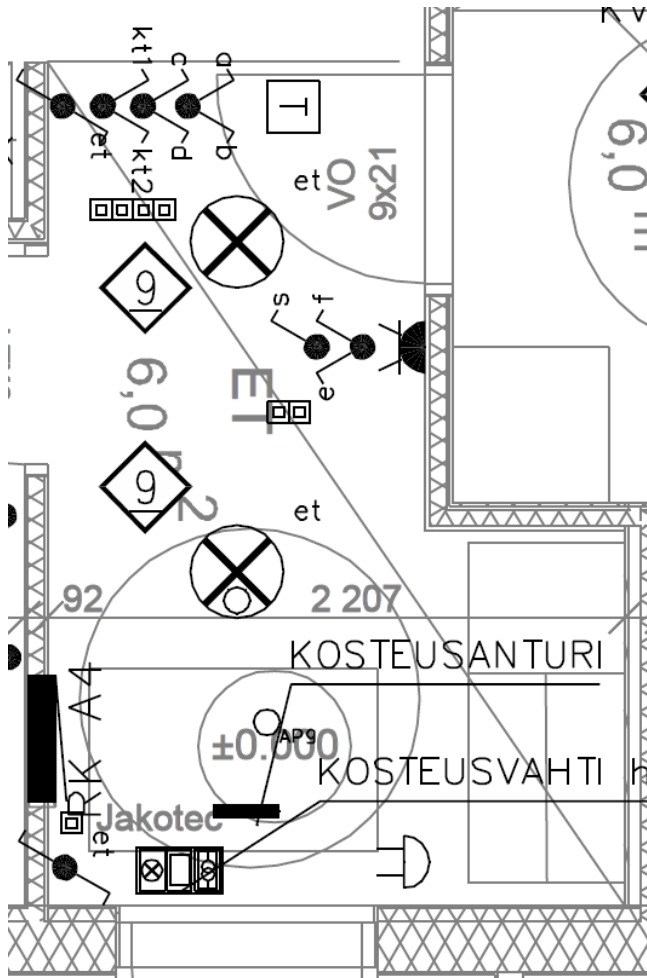
7.1.1 Eteinen

Eteinen luokitellaan kuivaksi tilaksi, jossa ihmisen suojaus sähköiskulta toteutetaan kosketussuojauksella. Veden tunkeutumisesta sähkölaitteisiin ei ole asetettu vaatimuksia. Eteisen sähkölaitteiden kotelointiluokaksi valittiin vähintään IP2X-sähkökalusteita. Kuvassa 7 on eteisen lopulliset sähköpisteet. (12, s. 6.)

Eteiseen sijoitettiin seuraavat sähköjärjestelmät ja -laitteet:

- ryhmäkeskus
- LVI-jakokeskus
- valaistus ja ohjaus
- pistorasia

- ovikello
- vuodonilmaisujärjestelmä.



KUVA 7. Eteisen sähköpisteet.

Eteisen pisteiden sijoittelu aloitettiin sijoittamalla ryhmäkeskus arkkitehdin määräämälle paikalle. Ryhmäkeskuksen tarkoitus on yhdistää asuinhuoneisto sähköjärjestelmään nousukaapelin kautta ja jakaa asunnon ryhmät järkevästi samantyyppisiin järjestelmiin. Ryhmäkeskusta ei tulisi asentaa jatkuvaan oleskeluun käytettävään tilaan. Yleisin asennuspaikka ryhmäkeskukselle onkin eteinen. (4, s. 6.)

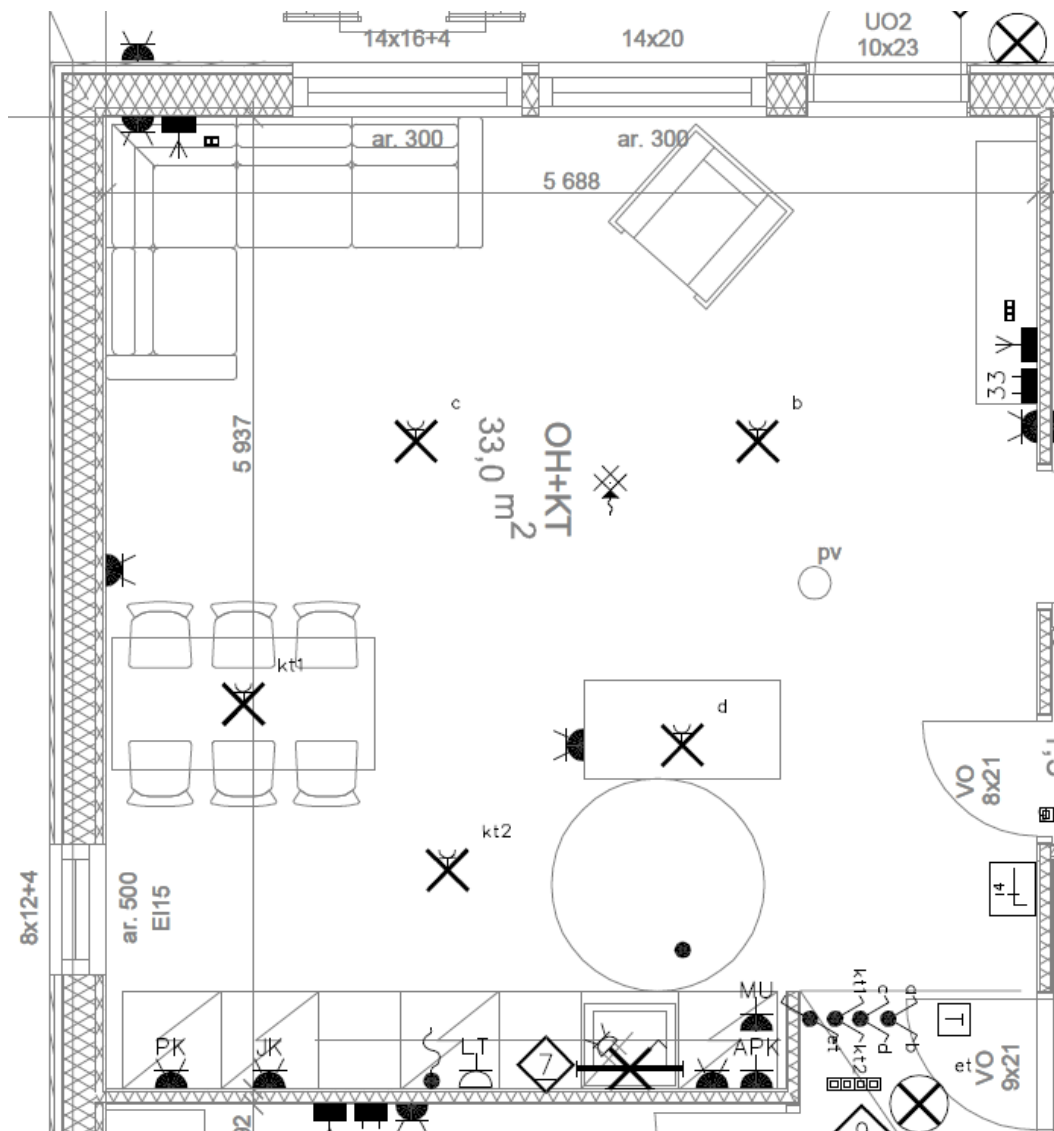
LVI-jakokeskus on sijoitettu LVI-insinöörin toimesta eteisen lattian alle. Asuntokohtaisia lattiamallin LVI-jakokeskuksia käytetään keskitettyyn talotekniikan jakamiseen rivi-, omakoti- ja kerrostalorakentamisessa, toimisto- ja liiketilarakentamisessa sekä päivä- ja hoivakotirakentamisessa. (13.)

Arkkitehdin pohjakuvaan LVI-jakokeskus on merkattu Jakotec -neliöllä eteiseen. Sähköteknisesti LVI-jakokeskus vaatii vuodonilmaisujärjestelmän. Vuodonilmaisujärjestelmän tarkoituksena on ilmoittaa ja estää mahdolliset vuodot LVI-jakokeskuksella. Vuodonilmaisujärjestelmä koostuu teippianturista, kosteusvahdistista, syöttömuuntajasta ja hälyttimestä. (14.)

7.1.2 Olohuone ja keittiö

Olohuone ja keittiö luokitellaan myös kuivaksi tilaksi, joten sähkökalusteiden suojausluokaksi valittiin IP2X (12, s. 6).

Olohuoneen ja keittiön sähkökalusteet ovat ns. peruskalusteita eli pistorasiaryhmiä ja valaisimia. Poikkeuksena olohuoneen puolelle asennettiin IV-koneen ohjauskytkin, jolla pystytään säätämään asunnon ilmanvaihtoa. Keittiön puolella valaistusta on lisätty työpistevalaisimilla ja liesikuvun valaistuksella. Kuvassa 8 on esitetty olohuoneen ja keittiön pistekuvat.

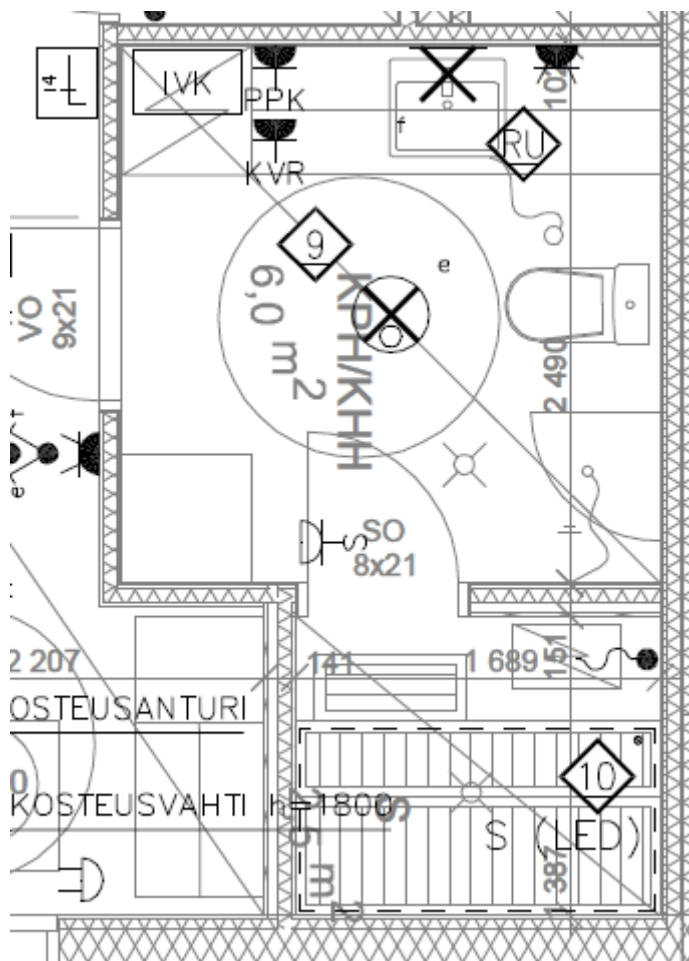


KUVA 8. Olohuoneen ja keittiön sähköpisteet.

7.1.3 Kylpyhuone ja sauna

Kylpyhuone ja sauna ovat sähkölaitteille käyttöolosuhteiltaan tavallista vaativampia. Suihkutilaksi katsotaan sellainen tila, jossa on koko vartalon pesuun tarkoitettu suihku. Mitään sähkölaitteita, esimerkiksi pesukonetta, ei saa sijoittaa 1,2 metrin säteelle suihkupisteestä, vaikka sitä syöttävä pistorasia sijaitaisi tämän etäisyyden ulkopuolella. Tarvittaessa etäisyyttä voi kasvattaa esimerkiksi suihkuseinällä. Esimerkkityössä ei ollut ongelmia etäisyyksien kanssa. (15, s. 369.)

Välitilan pistorasian sijoittamiseen vaikuttaa hyväksi todettu sääntö. Pistorasioita ei tulisi asentaa vaakasuorassa mitattuna 20 cm lähemmäs allasta. Tämä sääntö ei kuitenkaan ole pakollinen. Myös asennuskorkeudelle ei ole asetettu vaatimuksia, joten pistorasian korkeus määritetään parhaaksi käyttäjälle. Tässä työssä pistorasia asennettiin 20 cm päähän altaasta ja asennuskorkeudeksi valittiin 1,4 m. Kuvassa 9 on kylpyhuoneiden ja saunan sähköpisteet.

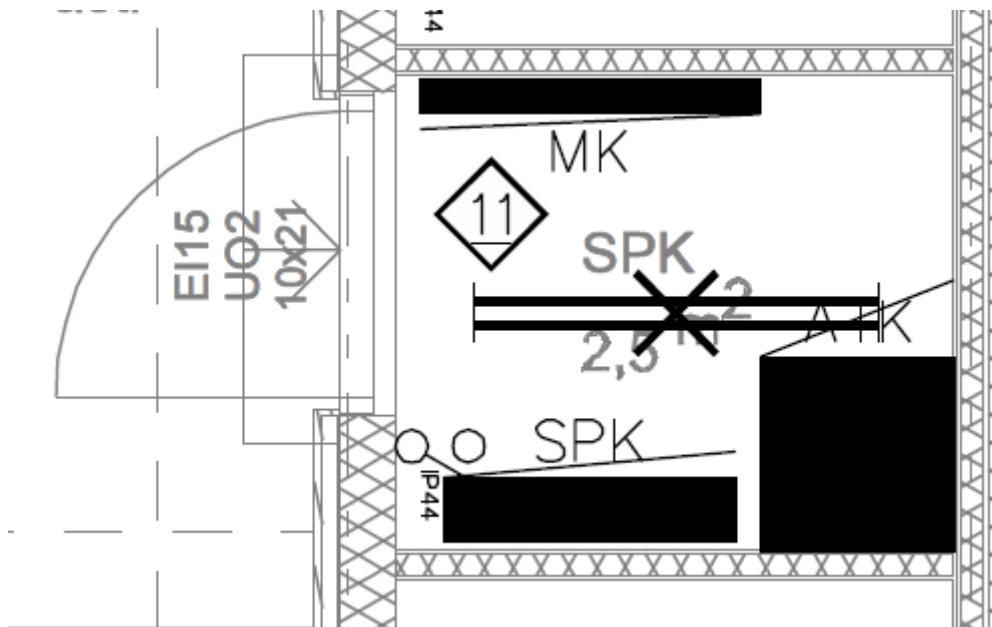


KUVA 9. Kylpyhuoneen ja saunan sähköpisteet.

7.1.4 Sähkötila ja lämmönjakohuone

Sähkötilan suunnittelussa otettiin huomioon ST-kortin 53.05 määrittelemät sähköjärjestelmien tilantarpeiden vähimmäismitat. Jos keskuksia on sijoitettu omaan huoneeseen, sähkökeskuksien eteen pitää jäädä vähintään 80 senttimetriä leveä hoitokäytävä, jolla on vapaata korkeutta vähintään 2,2 metriä. LVI -venttiileitä tai kytkentöjä ei pidä sijoittaa sähkötilojen yläpuolelle. (4, s. 4.)

Sähkötilaan sijoitettiin sähköpääkeskus, ATK-jakamo ja mittauskeskus. Tila valaistiin normaalilla teollisuusvalaisimella. Keskuksien ja sähköpisteiden sijoittelu on esitetty kuvassa 10.

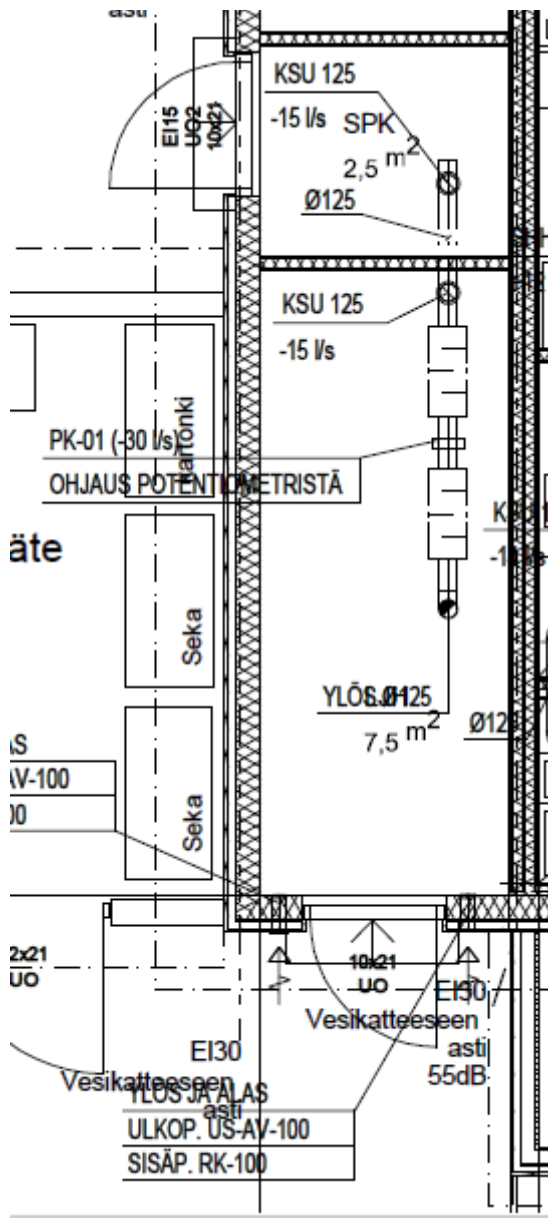


KUVA 10. Sähkötilan sähköpisteet ja keskuksien sijoittelu.

Lämmönjakohuoneella tarkoitetaan LVI-tekniikalle erikseen varattua tilaa. Siellä rakennus tai kiinteistö kytketään kunnallisverkkoon ja LVI-järjestelmien putkitukset ja kanavat haarantuvat asuntoihin tai muihin sitä tarvitseviin rakennuksiin.

Sähkösuunnittelijan on tiedettävä, minkälaisia LVI-laitteita lämmönjakohuoneeseen on tulossa. Nämä luetellaan LVI-suunnittelijan tekemässä laiteluettelossa.

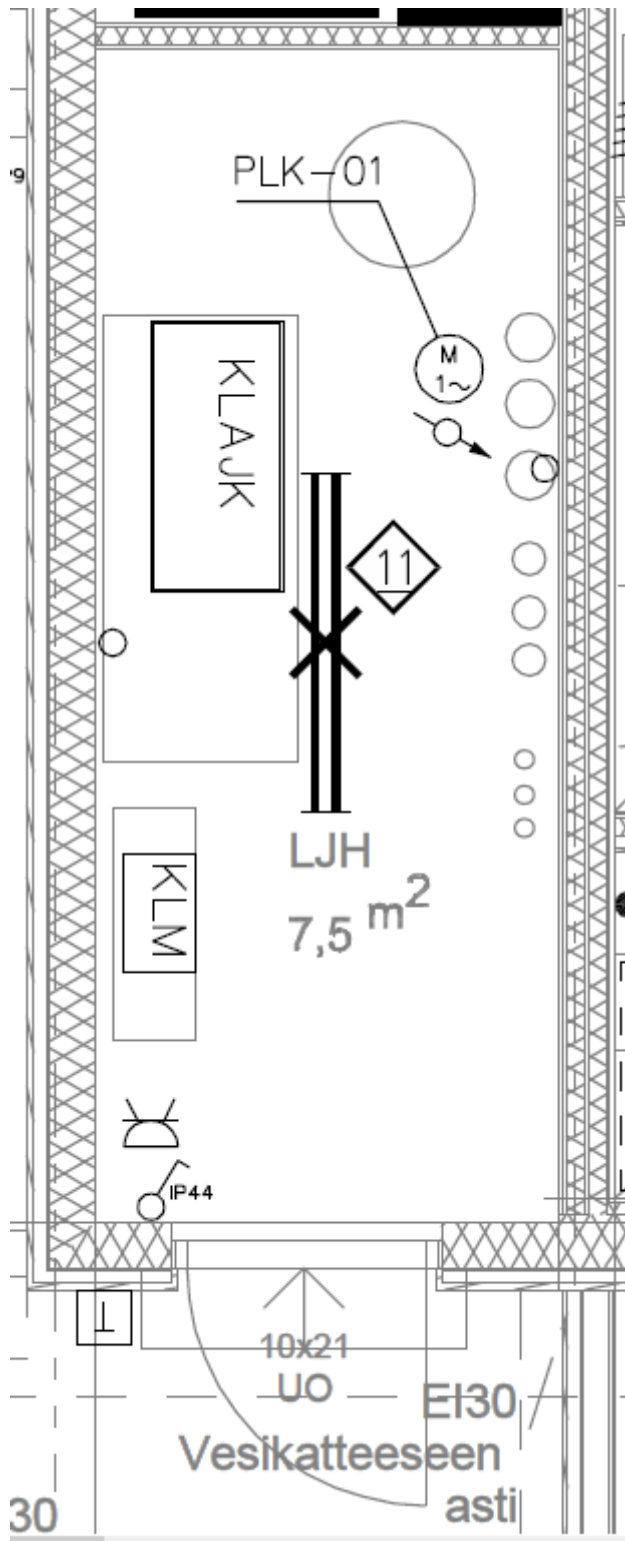
Kuvassa 11 nähdään, että sähkötilasta ulottuu yllilämmönpoistokanava lämmönjakohuoneeseen ja sieltä katolle. Yllilämmönpoistokanavaan on kytketty puhallin PK-01, jota ohjataan potentiometrillä. Tämän perusteella osattiin suunnitella sopiva syöttö ja säädin puhaltimelle.



KUVA 11. LVI-tasokuva sähkötilasta ja lämmönjakohuoneesta.

Kuvassa 12 näkyy, että lämmönjakohuoneeseen sijoitettiin myös kaukolämmönmittaus, kaukolämmön jakokeskus, ulkotermostaatti sekä perusvalaistus ja pistorasia. Kohteessa ei lähdetty sen tarkemmin

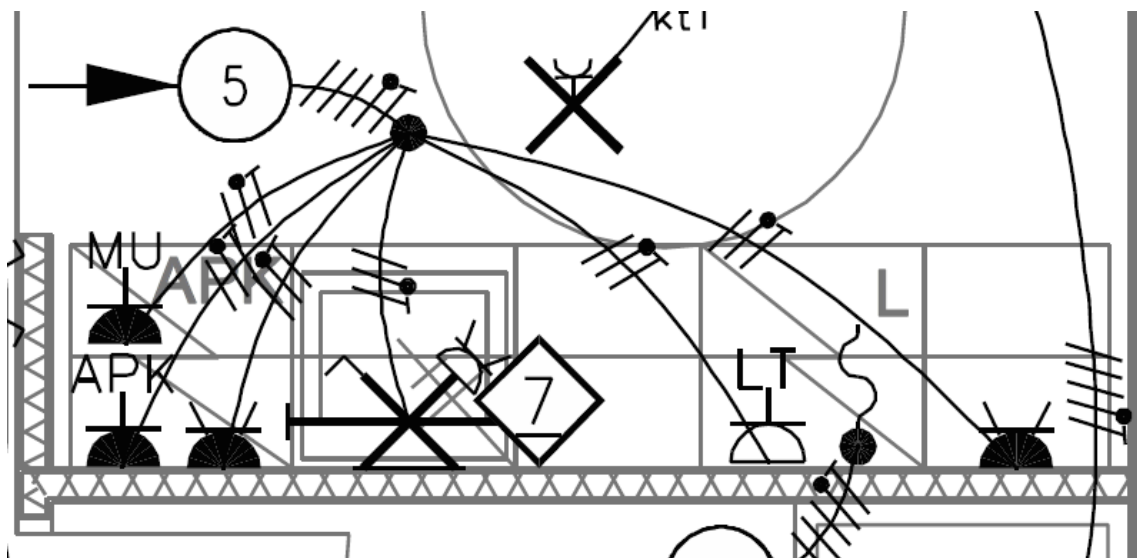
suunnittelemaan hyllyjä tai muita putkituksia. Sitä ei nähty tarpeelliseksi, koska loppujen lopuksi sähköurakoitsija tekee valinnat näiden suhteen työmaalla.



KUVA 12. Lämmönjakuhuoneen sähköpisteet.

7.2 Ryhmien suunnittelu

Ryhmien suunnittelussa noudatettiin ryhmäkeskuksen pääkaavion mukaista periaatetta (liite 9). Ryhmäkeskus on usein vakiotuotteena tilattu keskusvalmistajalta ja ryhmien suunnittelussa kannattaa noudattaa keskusvalmistajan numerointia, jotta pohjaa ei tarvitsisi paljoa muokata. Kuitenkin ryhmät tulisi tarkastaa suunnittelun yhteydessä, ettei ryhmien ylivirtasuojausta ali- eikä ylimitoiteta. Esimerkiksi keittiön pistorasiaryhmille kannattaa suoraan varata 16 A ryhmä, sillä keittiöön sijoitetaan usein paljon tehoa käyttäviä kodin laitteita. Alimitoitettu ryhmä estää laitteiden yhtäaikaista kuormitusta ja ylimitoitettu ryhmä taas kasvattaa urakoinnin kuluja. Ryhmät merkataan selkeästi kuvaan ryhmänumeroin tai -kirjaimin. Kuvassa 13 on esitetty ryhmien merkkaukset.



KUVA 13. Esimerkki ryhmämerkkauksesta keittiön syöttöryhmässä.

Viimeiseksi huomioidaan ihmisen suojaus. Sähköpisteitä suunniteltaessa on otettu huomioon kotelointiluokat ja laitteiden sijoittaminen, mutta ryhmiä suunniteltaessa täytyy tietää, mihin ryhmiin tarvitaan vikavirtasuojakytkin.

Vikavirtasuojakytkin on laite, jolla toteutetaan suojaus vaaralliselta sähköiskulta laitteita käyttäville ihmisille. Vikavirtasuojakytkintä käytetään myös

lisäsuojauksena, vaikka sitä ei välttämättä ryhmään muuten tarvitsisi. Asennusten vanhetessa eristeet heikkenevät ja muuta kulumaa ilmestyy kaapeleihin sekä muihin virtapiiriin laitteisiin. Käyttämällä 30 mA vikavirtasuojakytkintä lisäsuojana, voidaan edistää rakennusten ja laitteiden paloturvallisuutta. Vikavirtasuojatun ryhmän perussuojana on aina käytettävä myös jotain muuta suojausta, esimerkiksi johdonsuojakatkaisijaa. (15, s. 113.)

Pistorasiaryhmät täytyy aina suojata vikavirtasuojakytkimellä. Alle 32 A:n pistorasiat suojataan enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä. Tästä vaatimuksesta voidaan poiketa, mikäli pistorasia syöttää tiettyä sähkölaitetta, joka ei ole siirreltävissä tai pistorasiaa käyttävät vain sähköalan ammattilaiset tai opastetut henkilöt. (15, s. 113.)

Uuden vuonna 2017 voimaan tulleen SFS 6000 -standardisarjan määräyksen mukaan, myös kaikkiin valaisimiin on asennettava vikavirtasuojakytkin, mikäli maallikko suorittaa huoltotyöt valaisimiin. Huoltotyönä voidaan pitää mm. polttimon vaihtoa. Vikavirtasuojakytkintä ei käytetä valaistuksen suojauksessa esimerkiksi hoivakodeissa, joissa valaistuksen huollon suorittaa sähköalan ammattihenkilö tai työhön opastettu henkilö. (15, s. 113.)

Näiden ehtojen puitteissa vikavirtasuojakytkin suunniteltiin kaikkiin sisä- ja ulkoalueen pistorasia- ja valaistusryhmiin.

7.3 Johdotus

Johtoteiden suunnittelussa otettiin huomioon laitteiden vaatimukset sähkösyötön kannalta sekä järkevät reitit asennettaessa. Kaikki johdotukset on esitetty liitteissä, joissa esitetään kohteen lopulliset suunnitelmat.

Johdotus pyrittiin pitämään mahdollisimman selkeänä. Johdotus pyrittiin piirtämään rakennuksiin jäljitellen samoja reittejä kuin miten ne oikeasti asennettaisiin. Johdotuksiin merkattiin piirrosmerkein kaapelin johtimien määrä.

Johdotusvaiheessa pitää osata ottaa huomioon myös kaapelin poikkipinta. Esimerkiksi 1,5 mm² poikkipinnaltaan olevaa johdinta saa käyttää enintään 10 A:n ryhmissä. Johdonsuojan keskeisin tehtävä on suojata kaapelia

ylikuormitustilanteessa. Johtimien kuormitettavuus eri asennustavoilla on nähtävissä D1-2017 Taulukossa 52.1. Kuitenkin yleisenä sääntönä voidaan pitää, että 10 A:n ryhmiin laitetaan 1,5 mm² johtimia ja 16 A:n ryhmiin käytetään 2,5 mm² johtimet. Sisätiloissa käytettiin MMJ 3x1,5S tai MMJ 3x2,5S -kaapelia ja KLMA 4x0,8+0,8 heikkovirtakaapelia. Ulkoasennuksiin käytettiin samoja, paitsi maakaapeleissa, jotka olivat MCMK- tai AXMK-tyyppiä (15, s. 226.)

8 OIKOSULKULASKELMAT

Oikosulkusuojauksella suojataan johtimia oikosulkuvirran aiheuttamalta johtimien ylikuumenemiselta. Näin estetään mahdollinen tulipaloriski. Oikosulkuvirta taas tarkoittaa tilannetta, jossa sähköpiiri suljetaan kiinni ilman virran kulkua vastustavaa tekijää. Oikosulkusuojauksen täytyy toteutua minkä tahansa johtimien välisessä oikosulussa riippumatta vikapaikasta johtimessa. Mitä suurempi oikosulkuvirta on suojattavassa piirissä, sitä paremmin suojaus toimii. (15, s. 142.)

Oikosulkuvirtaan vaikuttavat teoriassa johdinpiirin kokonaisimpedanssi sekä verkon jännite. Oikosulkuvirran suuruudesta riippuu, miten nopeasti johdinta suojaava laite toimii.

Sähköpiirin johtimen oikosulkukestoisuuteen vaikuttaa taas aika. Oikosulkuvirran poiskytkentä on tapahduttava viimeistään:

- 0,4 sekunnin aikana ryhmäjohdoissa, jos ryhmä on $\leq 32A$
- 5 sekunnin aikana keskusten välisissä syöttöjohdoissa ja yli 32A ryhmäjohdoissa. (15, s. 142.)

Oikosulkusuojan täytyy kytkeä oikosulku pois ajoissa tai johtimet alkavat sulaa. Vaadittuun poiskytkentäaikaan vaikuttaa:

- johdin- ja eristemateriaali
- johtimen poikkipinta-ala
- oikosulkuvirta. (15, s. 143.)

Käytännössä sähkösuunnittelija vaikuttaa oikosulkusuojauksen toteutumiseen suunnittelemalla johtoreitit mahdollisimman lyhyeksi ja valitsemalla oikean suojalaitteen johdolle. Mikäli vaatimuksia ei saada täytettyä, ratkaisuna paksunnetaan kaapelin johtimia, mutta kuitenkin kohtuudella. Jos tämäkään ei auta, mietitään sähkökeskuksien paikkoja uudelleen tai otetaan yhteyttä paikalliseen verkkoyhtiöön.

Työssäni oikosulkulaskemissa käytettiin Risto Mäkisen kehittämää Excel-sovellusta, joka on todettu toimivaksi ammattilaiskäytössä. (16.) Oikosulkuvirran riittäminen kullekin johtoa suojaavalle laitteelle varmistettiin D1-2017: Käsikirja rakennusten sähköasennuksista kirjasta saatavissa olevista taulukoista (taulukot 1 ja 2).










TAULUKKO 1. Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot. (15, s. 94.)

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40			190	237,5
50			250	312,5
63			320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

TAULUKKO 2. Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot. (15, s. 93.)

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1 000
125	625	781,3	1 250	1 562,5

Esimerkiksi on laskettu oikosulkuvirta kohteen kriittisimmästä pisteestä eli pisimmän ryhmän päästä. Ensiksi laskettiin johtimien mitta liittymispisteestä ryhmän loppuun asti. Jokaisen keskuksen väli laskettiin erikseen ja ohjelma antoi laskun tulokset. Kuvassa 14 on esitetty viimeisen ryhmän oikosulkuvirta.

Ylivirtasuojaja		10	A
Poikkipinta, vaihejohdin	 Al	1,5	mm ² /Cu
Ominaisvastus		0,0183	Ohm mm ² /m
Poikkipinta, PE / PEN	 Al	1,5	mm ² /Cu
Ominaisvastus		0,0183	Ohm mm ² /m
Suurin pituus johd.suoja B:llä		120	metriä
Suurin pituus johd.suoja C:llä		47	metriä
Suurin pit. johd.suoja D:llä max. 5s		23	metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,2s		47	metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,4s		63	metriä
Suurin pituus, sulake max. 5s		131	metriä
Johdon todellinen pituus		40	metriä
Ylivirtasuojan tyyppi (s-b-c-d)		s	-tyyppi
Vaadittu poiskytkentäaika (0,2-0,4-5)		0,4	sekuntia
Lisäpotentiaalintasaus ?		El tarvitse	
Suurin kosketusjännite		41,51	V
Poiskytkentäajan kosketusjännite		30,15	V
Oikosulkuvirta		111	A
Ylivirtasuojan laukaisuaika oikosulussa		0,042	sekuntia
-pisin mahdollinen laukaisuaika		0,134	sekuntia
Nousujohdon impedanssi		1,2061	Ohmia
Oikosulkusuojaus poiskytkentä max.		2,43	sekuntia
Oikosulkusuvirta, jolla 5 s rajalämpö		77	A

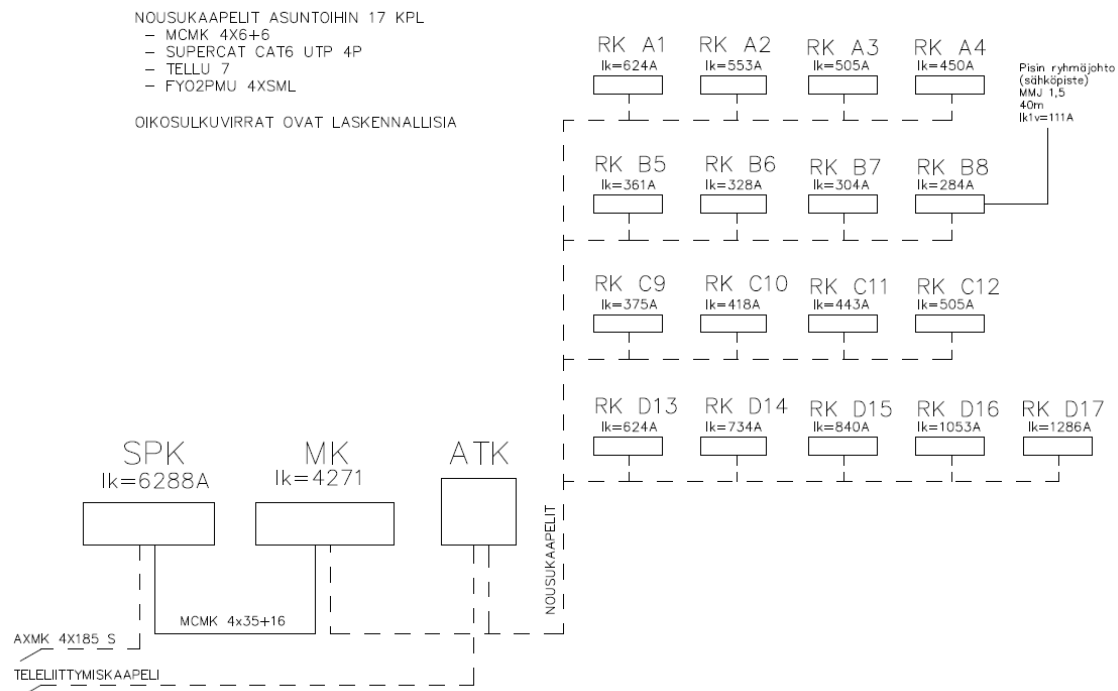
KUVA 14. Kohteen oikosulkuvirta pisimmän ryhmäjohton päässä.

Laskelmien mukaan oikosulkuvirran arvoksi saatiin 111 A. Taulukosta 2 nähdään, että B10 A-typin johdonsuojakatkaisija tarvitsee toimiakseen vähintään 50A oikosulkuvirran. Näin ollen voitiin todeta, että oikosulkusuojaus toimii sähköjärjestelmän pisimmän ryhmäjohton päässä.

9 KAAVIOT

9.1 Nousujohtokaavio

Nousujohtokaaviossa esitetään kaikki kohteen sähkökeskukset ja niiden väliset johdot oikosulkuvirtoineen. Kuvassa 15 on dokumentoitu kaikki nousujohtokaavioon tarvittavat tiedot. Kaavioon merkataan pisimmän ryhmän pituus, kaapelin tyyppi sekä sen oikosulkuvirta. Nousujohtokaaviossa esitetään myös telejärjestelmän kaapelointi. (3. s, 3.)

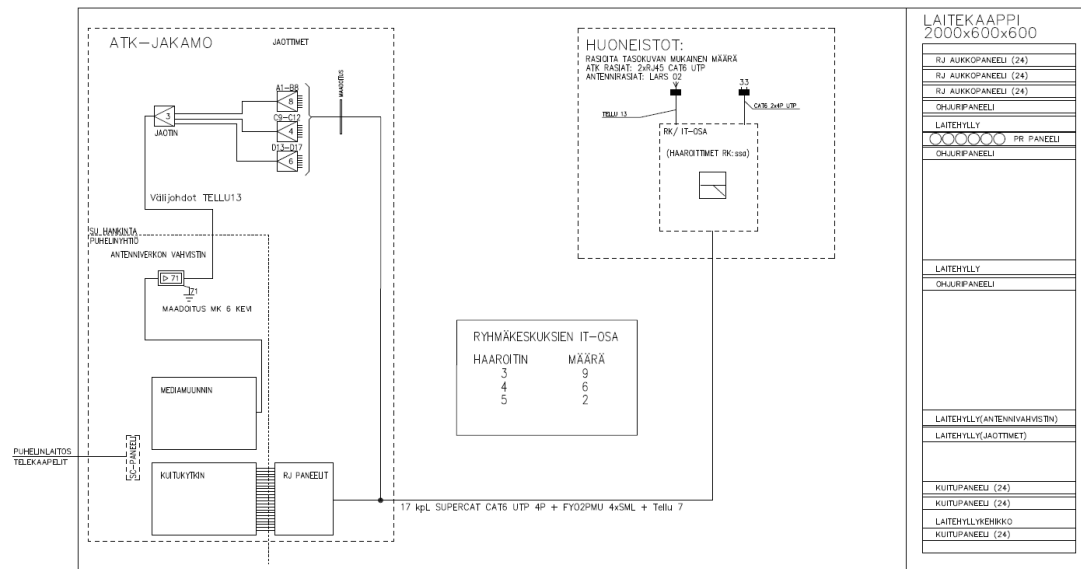


KUVA 15. Nousujohtokaavio.

9.2 Telejärjestelmäkaavio

Telejärjestelmällä tarkoitetaan sekä antenni- että yleiskaapelointia. Ne voidaan yhdistää samaan kaavioon. Telejärjestelmäkaavio sisältää antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmän liittymisen kiinteistön ATK-jakamoon ja siitä jatkumisen aina maakaapelointina kotijakamoon ja kulutuspiireeseen. Kaaviossa esitetään ristikytkentätelineen rakenne, kaapelityypit, järjestelmässä käytettävät

kalusteet ja laitteet sekä niiden sijainnit sekä mahdollisia huomioita asentajalle asennusta varten (kuva 16). (10, s. 3.)



KUVA 16. Telejärjestelmäkaavio.

9.3 Keskuksien suunnittelu

Sähkökeskusten suunnittelu on kiinteistön sähkösuunnittelijan vastuulla, mutta toteutuksesta ja toimituksesta vastaa keskusvalmistaja. Käytännössä suunnittelussa piirrettiin tarvittavista keskuksista pääkaaviot ja tarvittaessa piirikaaviot.

Pääkaaviolla tarkoitetaan keskuksen pääpiirien kaaviota, jossa esitetään seuraavat asiat:

- johtimien järjestelyt ja järjestelmän maadoitustapa
- keskuksissa olevat komponentit
- ryhmätunnukset
- ryhmien nimet
- lämmitys- ja laiteryhmiä tehotiedot
- suojalaitteiden laji, tyyppi, mitoitusvirta ja katkaisukyky

- aseteltavien suojalaitteiden asetteluarvot, katkaisukyvyt ja ominaisuudet
- prospektiiviset oikosulkuvirrat
- varokepesien ja varokealustojen koko
- lähtöjen ohjaustavat sekä paikat periaatteellisella tasolla
- keskuksiin tulevat ja niistä lähtevät johdot ja kaapelit sekä niiden tyypit
- keskuksien tekniset tiedot etulehdillä. (3, s. 6)

Piirikaavio on keskuksen sähköisten virtapiirien kaavio, jossa esitetään seuraavat asiat:

- ohjauskytkentöjen toteutukset
- ohjauspiireissä käytetyt komponentit
- ohjauskomponenttien sijainnit, mikäli ne eivät sijaitse itse keskuksissa
- koje- ja laitetunnukset
- rivi- ym. liittimien sijainnit, merkinnät ja kytkennät. (3, s. 6).

9.3.1 Sähköpääkeskus

Sähköpääkeskus toimii koko kiinteistön pääkeskuksena, jonka tarkoitus on liittää kiinteistö sähköverkkoon ja toimia ensisijaisten suojien ja muiden kytkinlaitteiden sijoituspaikkana. Sähköpääkeskuksen suunnittelu toteutettiin piirtämällä kansilehti sekä pää- ja piirikaavio keskukselta. Tässä työssä kaavioissa esitettiin pääsääntöisesti nousujohdot muille alakeskuksille sekä kiinteistökäytön lähdöt ja ohjaukset. Pää- ja piirikaaviot sekä kansilehti ovat liitteissä 11 – 12.

9.3.2 Mittauskeskus

Mittauskeskus toimii linkkinä asuinhuoneiston syöttöihin. Tähän keskukseen tuodaan siis syöttö sähköpääkeskukselta ja mittauskeskus jakaa syötöt asuinhuoneistojen nousukaapeleihin. Mittauskeskuksessa mitataan asuntojen ja kiinteistön sähkönkulutus.

Sähkönmittausta tehdään joko suorana tai epäsuorana. Suoramittaus ei tarvitse erillistä jännite- tai virtamuuntajaa, kun epäsuora mittaus tarvitsee.

Suoramittausta käytetään enintään 63 A sulakelähtöihin, josta ylöspäin käytetään epäsuoraa. Yli 100 A käytöissä mitataan myös tehoa. (17.)

Tässä kohteessa ei tarvinnut toteuttaa epäsuoraa mittausta, koska kaikki lähdöt mittauskeskukselta olivat nimellisvirraltaan alle 63 A. Myös kiinteistökäytön mitattavat lähdöt olivat alle 63 A.

Mittauskeskuksen suunnittelu toteutettiin piirtämällä pelkkä pääkaavio ja kansilehti keskukselta, koska keskuksen yksinkertainen rakenne ei vaadi erillistä ohjausta, eikä siten myöskään piirikaaviota. Kaaviot ja kansilehti ovat liitteessä 13.

9.3.3 Ryhmäkeskus

Ryhmäkeskus on asuntokohtainen keskus, jota käytetään sähköenergian jakamiseen mittauskeskukselta kulutuspisteelle. Ryhmäkeskuksen suunnittelu ei yleensä vaadi paljoa, koska ne tilataan usein vakiona keskusvalmistajalta. Käytännössä suunnittelun kannalta korkeintaan ryhmätunnuksia muutellaan jälkikäteen. Joissain kohteissa ryhmäkeskuksiin voidaan suunnitella ohjauspiirejä mutta yleensä rivitaloon näitä ei tarvita. Suunnittelija ilmoittaa keskusvalmistajalle millaiset ryhmät kohteeseen tarvitaan.

9.4 Sähköseloste

Suunniteltavan kohteen sähköselostuksen sisällöstä käytettäviin dokumentteihin liitetään vähintään sellaiset asiat, joita tarvitaan sähkölaitteiston käytössä, hoidossa ja kunnossapidossa. Tällaisia voivat olla esimerkiksi toimintaselostukset. (3, s. 10.)

Sähköselosteeseen kannattaa myös liittää asennusta varten huomioon otettavat seikat, joita voivat esimerkiksi olla pistorasioiden asennuskorkeudet, jotka poikkeavat yleisestä asennustavasta.

9.5 Palovaroittimet

Asuinhuoneiston jokainen kerros ja niihin yhteydessä olevat kellarikerrokset ja ullakot on varustettava aina vähintään yhdellä palovaroittimella jokaista alkavaa

60 m² kohti. Palovaroittimen sijoittelussa on otettava huomioon, että se reagoi tulipalosta aiheutuneeseen savuun mahdollisimman nopeasti. (18, s. 2.)

Palovaroittimet kytketään omaan ryhmään ja varoittimia voidaan kytkeä useampia yhteen ketjuttamalla. Jokaisessa ketjutetussa varoittimessa on oltava oma pääteholähde sekä varavoiman lähde. Jos ryhmää syötetään yhteisellä verkkolaitteella, tulee jokaisessa varoittimessa olla varateholähteenä akku tai paristo. (18, s. 5.)

Palovaroitinta ei tule sijoittaa

- keittiötilaan tai kylpyhuoneiden lähelle (erheelliset hälytykset käryistä ja höyryistä)
- raittiin ilman sisätulon lähteiden lähelle (estää savun pääsyn varoittimeen)
- uunien tai tulisijojen lähelle (palokaasut)
- autotalleihin (pakokaasut)
- lämmittämättömiin, likaisiin tai pölyisiin tiloihin taikka ympäristöihin. (18, s. 8.)

Tässä työssä palovaroittimet sijoitettiin asuntokohtaisesti jokaista alkavaa 60 m² kohti noudattaen ST-kortin 662.50 mukaista ohjeistusta. Lisäksi otettiin huomioon palovaroitinvalmistajan ilmoittamat ohjeet sijoittelussa. Palovaroittimia ei sijoitettu 0,5 m lähemmäs valaisimia eikä IV-päätelaitteita. Palovaroittimien sijoitus ja johdotus näkyvät loppusuunnitelmissa, jotka ovat liitteissä.

10 SÄHKÖAJONEUVOJEN TEHOTARPEISIIN VARAUTUMINEN

Itse työssä ei otettu huomioon sähköajoneuvojen tuomia vaatimuksia, mutta lopuksi asia otettiin pohdittavaksi raporttiin.

Maailmanpolitiikan tulevaisuuden tavoitteet tukevat sähköajoneuvoihin siirtymistä kovalla vauhdilla. Vanhat fossiilia polttoaineita käyttävät kulkuneuvot pyritään jättämään taakse. Öljyriippuvuus ja ilmastonmuutoksen jarruttaminen ovat nyt monen maan tavoite ja trendi. Sähköajoneuvojen lukumäärän kasvu lähivuosina on varmaa. (19, s. 1.)

Koska raportti käsittelee asuinrakennushankkeen sähkösuunnittelua, tässä luvussa käsitellään lähinnä kiinteistön sähkösuunnittelijan suunnittelussa huomioon otettavia seikkoja olettaen, että latauspisteiden toimittaja huolehtii tuotteensa olevan määräysten mukainen. Latauspisteellä tarkoitetaan sähköajoneuvon lataamiseen käytettävää asemaa tai pistorasiaa.

Kiinteistön sähkösuunnittelijan kannalta huomioitavat seikat ovat:

- latausjärjestelmän tehotarve
- latauspisteiden toteutus, sijoittelu ja järjestelmätarpeet
- latauspisteiden johdottaminen
- sähkökeskuksien tilavaraukset

10.1 Latausjärjestelmän tehotarve

Koska SFS 6000 ei vielä anna ohjeistusta tehotarpeiden tasauskerrointen laskemiseen, pitää jokainen latausjärjestelmä laskea tapauskohtaisesti. Latausjärjestelmästä tehdään niin sanottu käyttäjäprofiili. Käyttäjäprofiloinnissa arvioidaan, kuinka kauan keskimäärin lataukset kestävät ja kuinka paljon energiaa keskimäärin ladataan. (19, s. 4.)

Tehon rajoittamista voidaan tehdä kahdessa eri portaassa, jolloin tehoa rajoitetaan ryhmäkeskus- ja pääkeskustasolla. Tehon rajoittamisella eli kuormanhallinnalla voidaan säästää kaapelointi- ja energiakuluissa. Oletuksena on, että kuormanhallinta tapahtuu älykkäällä järjestelmällä, joka valvoo

runkojohdojen kuormituksia ja ohjaa lataustehoja lataajan tarpeiden mukaan. Kuormanhallinnan avulla voidaan käyttää tasauserrointa, joka on alle 1. Yksittäisissä latauspisteissä (omakotitalot) tai yksinkertaisissa latausjärjestelmissä (esim. rivitalot) ei välttämättä tarvita kuormanhallintaa, jolloin huomioidaan koko järjestelmän huipputeho (tasauserroin 1). ST-kortissa 13.31 esitetään latausjärjestelmän tehon arviointiin liittyviä menetelmiä ja kaavoja. (19, s. 4.)

Yksittäisen latauspisteen teho arvioidaan aina pisteen suurimmalla teholla. Latauspisteiden syötöt tulee siis mitoittaa niiden suunnitellulla maksimiteholla. Latausjärjestelmän runkojohdoissa voidaan huomioida kuormituksen valvonta ja ohjaus kuten tasauserrointa määrittäessä. Yksittäisen latauspisteen tehonsyötön mitoituksessa voidaan myös ottaa huomioon, että latauspisteelle voidaan ohjelmoida tarvittaessa pienempi teho. (19, s. 5.)

ST-kortti 51.90 esittää esimerkin ”Esimerkki 2: Uuden rivitaloyhtiön paikoitusalue”, jolla voidaan arvioida rivitaloyhtiön paikoitusalueen tehotarvetta. Mitoituksen perustana on oletettu, että taloyhtiö sijaitsee esikaupunkialueella ja päivittäisiin siirtymiin on varattu 200 km jokaiselle käyttäjälle. Laskussa oletetaan, että kaikki rivitaloyhtiön autot ovat sähkökäyttöisiä ja tyypillinen latausaika on yön yli kestävää eli noin 10 tunnin mittaista lataamista. Kun käytössä on älykkäästi tehoa jakava järjestelmä, on mitoitus varsin luotettava. Tämä esimerkki antaa yhden latauspisteen mitoistustehoksi 4 kilowattia, jota voidaan pitää hyvin realistisena työn kohteeseen. Tämän perusteella voidaan arvioida tämän työn asuinrakennushankkeen tarvitsema sähköajoneuvojen vähimmäisteho. (19, s. 11.)

Tontille toteutettiin 35 autopaikkaa, joten näin ollen arvioitu tehotarve on 140 kW. Voidaan todeta, että autopaikkojen tarvitsema vähimmäisteho on reilusti enemmän kuin aikaisempaan pelkkien autolämmityspaikkojen 27 kW tehotarpeeseen verrattuna.

Vaikutus liittymään:

- tehotarve kasvaa 87,3 kilowatista 200 kilowattiin

- virrat liittymässä kasvavat 131,4 ampeerista 300 ampeeriin

Tarvittavat sähkötekniset muutokset:

- pääsulakekoon kasvattaminen 3 x 200 A:sta vähintään 3 x 315 A:iin
- liittymiskaapelin koon kaksinkertaistuminen AXMK 2 x (4 x 185 S)
- keskuksen nimellisvirran kasvattaminen 250 A:sta 400 A:iin.
- latausjärjestelmälle perustettava oma ryhmäkeskus, jonka päävarokkeet vähintään 2 x 250 A sekä latausjärjestelmään hankittavat kuormanhallinnan laitteet.

Liittymiskaapelin koko voi vaihdella paikallisen verkkoyhtiön mukaan. Kohde sijaitsee Oulussa, joten muutoksissa on huomioitu Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy:n tarjoaminen liittymiskaapelien ja niitä vastaavien pääsulakekokojen mukaisesti. (2.)

10.2 Latauspisteiden toteutus, sijoittelu ja järjestelmätarpeet

Yksinkertaisimpia latausjärjestelmiä ovat esimerkiksi pelkkä 16 A:n pistorasia, johon liitetään sähköajoneuvo sopivalla liittimellä. Tätä menetelmää ei kuitenkaan suositella enää uudisrakentamisessa, koska tavalliset esimerkiksi kotitalouksissa käytetyt pistorasiat eivät teknisesti sovellu sähköajoneuvojen lataamiseen. Uudisrakentamisessa tulisi käyttää aina sähköajoneuvojen lataamiseen tarkoitettuja menetelmiä. Kuvassa 17 on ST-kortin 51.90 esittämä pienen latausjärjestelmän perusrakenne. Tätä rakennetta voitaisiin käyttää tämän työn kohteen rivitaloissa. (19, s. 3.)

Jokainen latauspiste varustetaan omalla enintään 30 mA mitoitusvirraltaan olevalla ja vähintään A-tyyppin vikavirtasuojalla. B-tyyppin vikavirtasuojaa käytetään monivaiheisissa syötoissä, joissa kuormituksen ominaisuuksia ei tunneta. Vikavirtasuoja voi sijaita latauspisteessä tai sitä syöttävässä keskuksessa. Jos latausjärjestelmää ei tunneta, pitää keskuksiin suunnitella tarvittava tilavaraus vikavirtasuojille. Käytännössä tällä tarkoitetaan julkisia 3-vaiheisia latausasemia sekä usean käyttäjän 3-vaiheisia asemia. (19, s. 3.)

Latausryhmät suunnitellaan omaan virtapiiriin oman ylivirtasuojauksen taakse. Suuremmissa järjestelmissä suositellaan käytettävän kuormanhallintaa, jolloin latausjärjestelmä kannattaa erottaa muusta jakelusta omin jako- ja ryhmäkeskuksin. Tämä helpottaa mittaroinnin, kuormanhallinnan ja käytön toteutusta. Kuormanhallinnalla voidaan pienentää latausjärjestelmän tasauskerrointa, jolloin säästytään turhalta kaapelien, laitteiden ja keskuksien ylimitoitukselta. (19, s. 3.)

Ulkona sijaitsevan pistorasian tai latauspisteen kotelointiluokitus on oltava vähintään IP44. Latauspisteen asennuskorkeus on 0,5m – 1,5m. Latauspiste sijoitetaan mahdollisimman lähelle pysäköintipaikkaa ja sijoituksessa on otettava huomioon mahdolliset lumi- ja siivoustyöt. (19, s. 3.)

10.3 Latauspisteiden johdottaminen

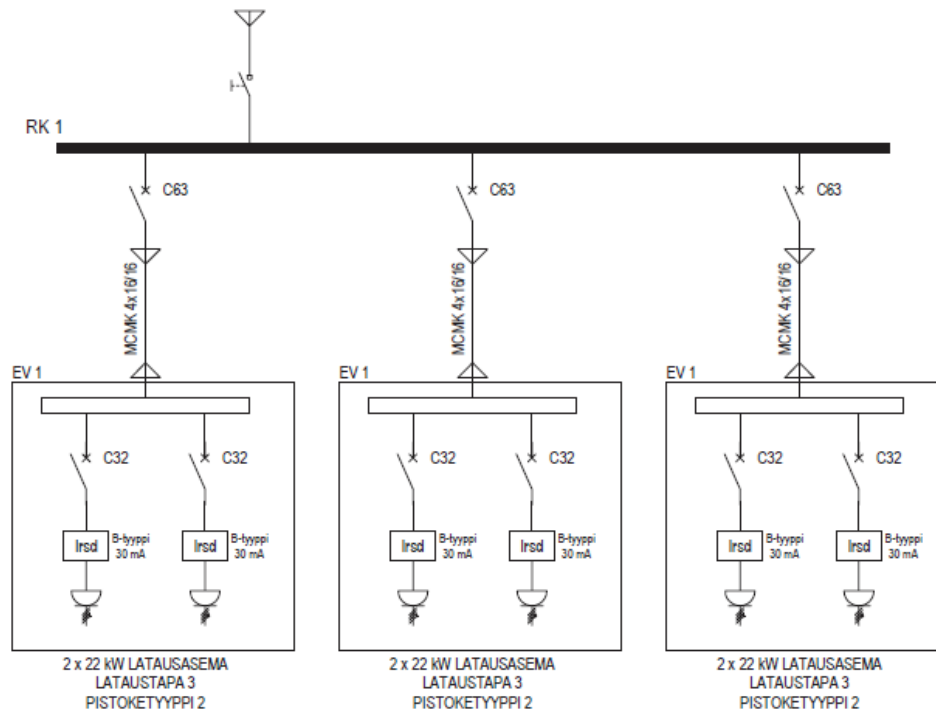
Yksinkertaiset latauspisteet, jotka tulevat esimerkiksi yksityiseen käyttöön, voidaan johdottaa suoralla tehosyötöllä keskuksesta latauspisteelle. Tällöin käytetään tasauskerrointa 1, mikäli ei käytetä erillistä kuormanhallintaa. (19, s. 4.)

Yksivaiheisia latausjärjestelmiä voidaan kaapeloida seuraavanlaisesti

- jokainen latauspiste kaapeloidaan omaan ryhmään
- latauspisteet kaapeloidaan ketjuun yksivaiheisella kaapelilla
- kaapeloidaan latauspisteet ketjuun kolmivaiheisella kaapelilla samalla periaatteella kuin autonlämmitysryhmät
- pikalatausasemat kaapeloidaan omalla ryhmäkaapelilla suuren tehonkäytön vuoksi. (19, s. 4.)

Jos käyttöön tulee erillisiä taustajärjestelmiä, kuormanhallintaa, maksujärjestelmiä tai muita vastaavia, on kaapeloinnissa otettava huomioon mahdolliset tasauskertoimeen vaikuttavat tekijät sekä järjestelmien vaatimat laitteistot ja kaapeloinnit. Esimerkiksi yksittäisten latausasemien maksujärjestelmän tiedonsiirtoon voidaan käyttää 2G-verkkoa. (19, s. 4.)

Kaapelit suojataan mahdollisilta mekaanisilta vaurioilta niin kuin muutkin kaapelointijärjestelmät. Esimerkiksi maakaapelin upotussyvyys on 0,5 – 1 m. (19, s. 4.)



KUVA 17. Pieni latausjärjestelmä. (19, s. 6.)

11 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä selkeät standardisarjan SFS 6000 mukaiset sähkösuunnitelmat toimeksiantajalle. Opinnäytetyön raportoinnissa taas keskityttiin mahdollisimman selkeään ja johdonmukaiseen kerrontaan, joka kertoisi tarvittavat asiat rivitalohankkeita suunniteltaessa. Lisäksi pureuduttiin hieman sähköajoneuvojen tuomiin vaatimuksiin ja haasteisiin sähkösuunnittelussa sekä siihen, miten sähköajoneuvoihin tulisi varautua. Opinnäytetyössä keskityttiin sähkösuunnitteluun, joten siinä ei oteta huomioon muita suunnittelualoja.

Opinnäytetyö muokkautui hyvin pitkälti esimerkkikohteen ympärille, joten sitä ei voida välttämättä soveltaa kaikkiin rivitaloihin. Kuitenkin työ antaa hyvin suuntaa tavanomaisia rivitaloja suunnitellessa.

Opinnäytetyö perehdytti minut syvällisesti asuinrakennushankkeiden sähkösuunnittelun määräyksiin ja käytäntöihin. Työni avulla pystyn soveltamaan alan standardeja ja niihin perustuvia suosituksia suunnittelutyössäni.

LÄHTEET

1. ST 13.31. 2015. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen.
2. Oulun Energia Oy, Liittymisjohdot ja niitä vastaavat pääsulakoot.
Saatavissa:
https://www.oulunenergia.fi/sites/default/files/liittymisjohdot_ja_paasulakekoot.pdf. Hakupäivä 17.3.2018
3. ST 13.30. 2017. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käyttödokumentit.
4. ST 53.05. 2002. Sähkötekniisten järjestelmien tilantarpeet.
5. SFS 6000: 4-41:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–41:
Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta
6. SFS 6000: 5-54:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–54:
Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohtimet
7. ST 621.10. 2017. Yhteisantennijärjestelmät. Suunnitteluohje
8. Mäkinen Risto. Antennijakoverkon mitoitus. Saatavissa:
<http://personal.inet.fi/koti/rtm/imur.htm>. Hakupäivä 28.2.2018
9. ST 681.11. 2018. Asuinkiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmät.
Suunnitteluohje
10. ST 681.41. 2016. Yleiskaapeloinnin dokumentointi
11. Nuotek Oy. Karvonen Joona. Ristikytkentätelineet
12. SFS 6000: 8-804:2017 Pienjännitesähköasennukset. Täydentävät vaatimukset. Kuivat, kosteat ja märät tilat sekä ulkotilat
13. Jakotec Oy, Lattia- ja seinäkeskukset. Saatavissa:
<http://www.jakotec.fi/tuotteet/rivitalotuotteet/index.html>. Hakupäivä: 28.2.2018

14. ABB asennustuotteet, Kosteusvahti. Saatavissa: <http://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/asennustuotteet/merkinantotuotteet/kosteusvahti>. Hakupäivä: 28.2.2018
15. D1-2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2017. Sähkö- ja teleura-koitsijaliitto STUL ry.
16. Mäkinen Risto. Johto14. Saatavissa: <http://personal.inet.fi/koti/rtm/imur.htm>. Hakupäivä 5.3.2018
17. Tenergia Oy. Sähkön mittaus. Saatavissa: <http://www.tenergia.fi/s%C3%A4hk%C3%B6n+mittaus/>. Hakupäivä 21.3.2018
18. ST 662.50. 2009. Palovaroittimet
19. ST 51.90. 2018. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus

LIITTEET

Liite 1 Aluekaapelointi.pdf

Liite 2 Päämaadoituskaavio.pdf

Liite 3 Telejärjestelmäkaavio.pdf

Liite 4 Talo A.pdf

Liite 5 Talo B.pdf

Liite 6 Talo C.pdf

Liite 7 Talo D.pdf

Liite 8 Valaisinluettelo.pdf

Liite 9 RK-asunnot.pdf

Liite 10 Nousujohtokaavio.pdf

Liite 11 Pääkaavio SPK.pdf

Liite 12 Piirikaavio SPK.pdf

Liite 13 Pääkaavio MK.pdf